

## Travaux pratiques du module Fonctions de l'Electroniques

### TP N° 01: Filtrés actifs (Partie I)

#### I. Objectifs du TP

- Comprendre le principe de fonctionnement des filtres actifs passe bas de premier ordre.
- Dimensionner les composants passifs constituant le filtre selon un gain et une fréquence de coupure désirés.
- Dimensionner selon un gain et une fréquence de coupure désirés les composants passifs constituant le filtre.
- Visualiser et interpréter le graphe de Bode du gain et de phase ainsi que la forme du signal filtré.

#### II. Partie théorique

Le circuit électrique du filtre passe bas du premier ordre est schématisé dans la figure (1).

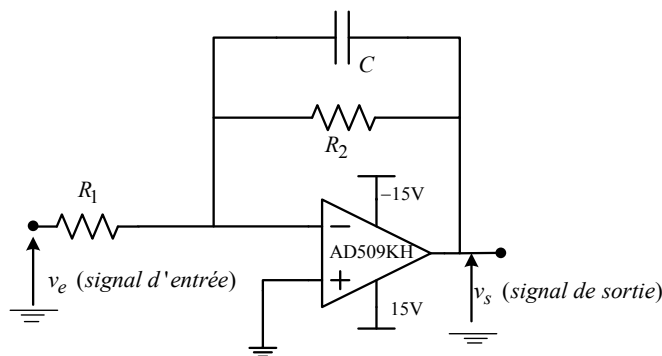


Figure (1): Circuit électrique d'un filtre actif passe bas de premier ordre<sup>1</sup>.

#### II. 1. Fonction transfert du filtre passe bas du premier ordre

La fonction transfert  $H_s$  du filtre actif passe bas de premier ordre représenté dans la figure (1) est calculée comme suit :

$$H_s = \frac{v_s(t)}{v_e(t)} = -R_2 / R_1 \frac{1}{(1 + j\omega R_2 C)} = K \frac{1}{1 + j \frac{\omega}{\omega_c}} \quad (1)$$

Forme canonique du filtre passe-bas 1<sup>er</sup> ordre

Où  $K = -R_2 / R_1$  représente le gain du filtre,  $\omega_c = 1 / R_2 C$  représente la pulsation de coupure<sup>2</sup> du filtre et  $\omega = 2\pi f$ .

A partir de l'équation (1) ; le module  $|H_s|$  et l'argument de la fonction transfert  $\theta$  sont calculés comme suit:

<sup>1</sup> Cette structure de filtre est inversible, il y a aussi une structure non inversible.

<sup>2</sup> La fréquence de coupure  $f_c = \omega_c / (2\pi)$

$$|H_s| = |K| \left| 1 + j \frac{\omega}{\omega_c} \right| \quad (2)$$

$$\theta = \arg(K) - \arg\left(1 + j \frac{\omega}{\omega_c}\right) = \pi - \arctan(\omega / \omega_c)$$

## II. 2. Diagramme de Bode du filtre passe bas du premier ordre

A partir de l'équation (2) :

Lorsque  $\omega \rightarrow 0$ ,  $|H_s| \rightarrow |K| \xRightarrow{dB} 20 \log |H_s| \rightarrow 20 \log |K|$  et  $\theta \rightarrow \pi$

Lorsque  $\omega \rightarrow \omega_c$ ,  $|H_s| = \frac{|K|}{\sqrt{2}} \xRightarrow{dB} 20 \log |H_s| \rightarrow 20 \log |K| - 3dB$  et  $\theta \rightarrow 3\pi / 4$

Lorsque  $\omega \rightarrow \infty$ ,  $|H_s| \rightarrow \left| \frac{K\omega_c}{\omega} \right| \xRightarrow{dB} 20 \log |H_s| \rightarrow 20 \log |K| + 20 \log \omega_c - 20 \log \omega$  et  $\theta \rightarrow \pi / 2$

Les diagrammes de Bode du gain et de l'argument (phase) sont représentés respectivement dans les figures (2)(a) et (2)(b).

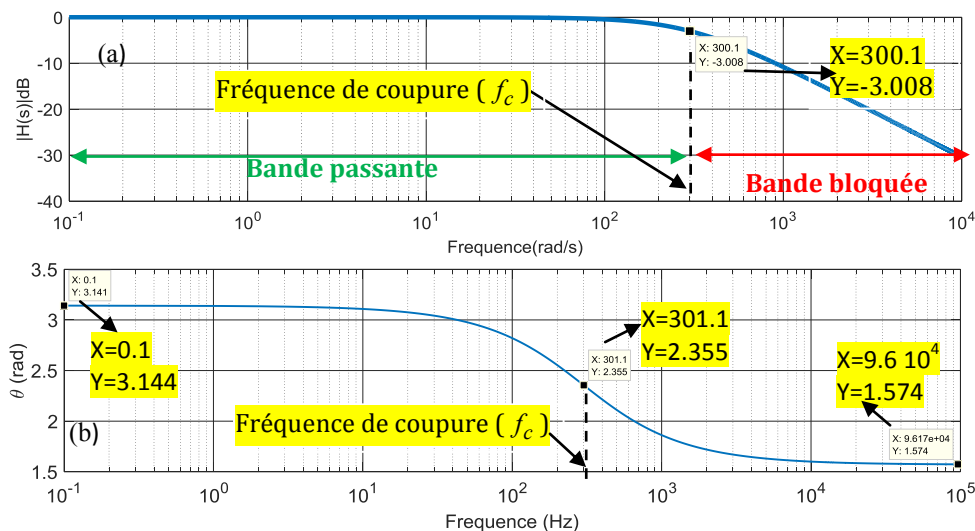


Figure (2) : Diagramme de Bode d'un filtre passe bas de premier ordre, (a) diagramme du gain, (b) Diagramme de phase  $R_2 = R_1 = 53\Omega$ ,  $C = 10\mu F$  (i.e:  $K = 1$ ,  $\omega_c = 1886$ ).

## III. Partie de simulation

En utilisant le logiciel Multisim, réaliser le circuit du filtre passe-bas représenté dans la figure (3) ( $R_2 = R_1 = 53\Omega$ ;  $C = 10\mu F$ ,  $v_e(t) = 10 \sin(20\pi t)$ ).

- Pour insérer l'amplificateur opérationnel cliquer sur **place>component** ensuite saisir le nom de l'AOP (AD509KH).
- Pour afficher la barre des composants passifs (condensateur, résistance,...) cliquer sur **View>Toolbars** ensuite cocher **Basic**.
- Pour afficher la barre des sources (tension, courant,...) cliquer sur **View>Toolbars** ensuite cocher **Power source components**.

- Pour insérer les instruments de visualisation (*Oscilloscope*, *Bode Plotter*, *Générateur de fonction*,.....) cliquer sur la barre verticale se trouve à droite de l'espace du travail.

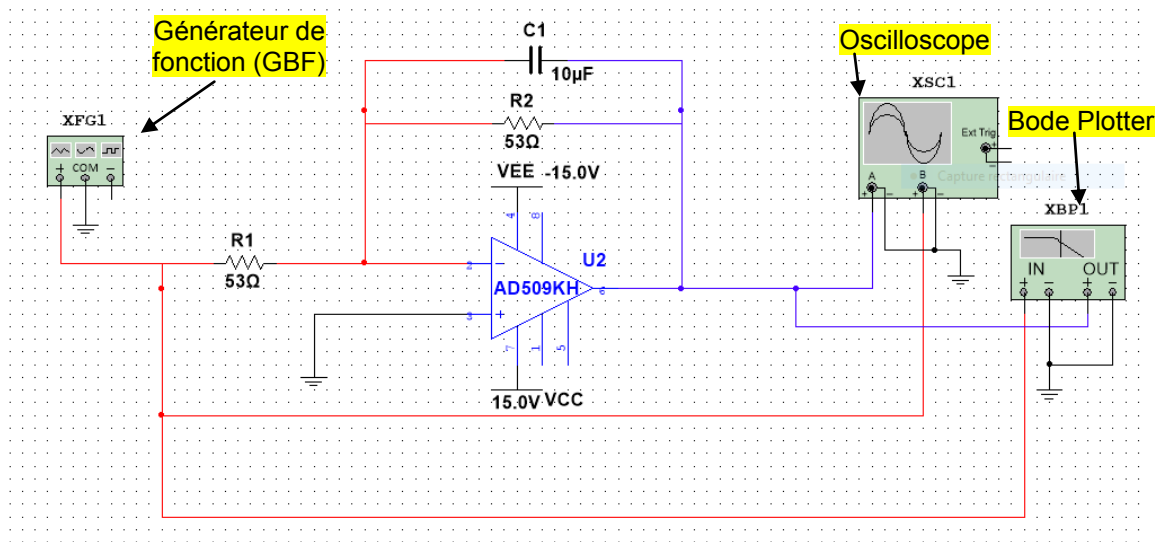


Figure (3): Circuit électrique d'un filtre passe bas 1<sup>ier</sup> ordre réalisé par le logiciel Multisim.

### Tâches demandées :

1. Calculer analytiquement la fréquence de coupure  $f_c = \omega_c / 2\pi$  et le gain en décibel (dB) correspond à  $f_c$ .
2. Simuler le circuit de la figure (3) et à l'aide de l'instrument Bode Plotter :
  - 2.1. Visualiser le diagramme de gain ( $20 \log |H_s|$ ) et le diagramme de phase ( $\theta$ );
  - 2.2. En utilisant la barre rouge verticale de l'instrument, mesurer la fréquence de coupure  $f_c$  et le gain correspond. Vérifiez si les valeurs obtenues sont conformes avec celles obtenues analytiquement (question 1) ?
3. A l'aide de l'oscilloscope, visualiser le signal de sortie  $v_s(t)$  pour des signaux d'entrée  $v_e(t)$  sinusoïdaux d'amplitude 10V et de fréquences 1Hz, 10Hz, 1kHz et 10kHz. Observez-vous un changement de l'amplitude du signal de sortie ? si oui ou non donner une interprétation.
4. Pour un condensateur de capacité  $C = 50\mu F$ , déterminer les valeurs des résistances  $R_1$  et  $R_2$  pour avoir une fréquence de coupure  $f_c = 500H_z$ . Présenter ensuite dans votre compte-rendu :
  - 4.1. Le diagramme de gain et le diagramme de la phase ;
  - 4.2. Le signal de sortie  $v_s(t)$  pour  $v_e(t) = 10\sin(100\pi t)$  ;
  - 4.3. Le signal de sortie  $v_s(t)$  pour  $v_e(t) = 10\sin(2.10^4 \pi t)$ .
5. Dans votre conclusion, expliquer dans quelques lignes le principe de fonctionnement du filtre passe bas du 1<sup>ier</sup> ordre et la méthode de dimensionnement du filtre étudiée.